

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
31. Januar 2002 (31.01.2002)

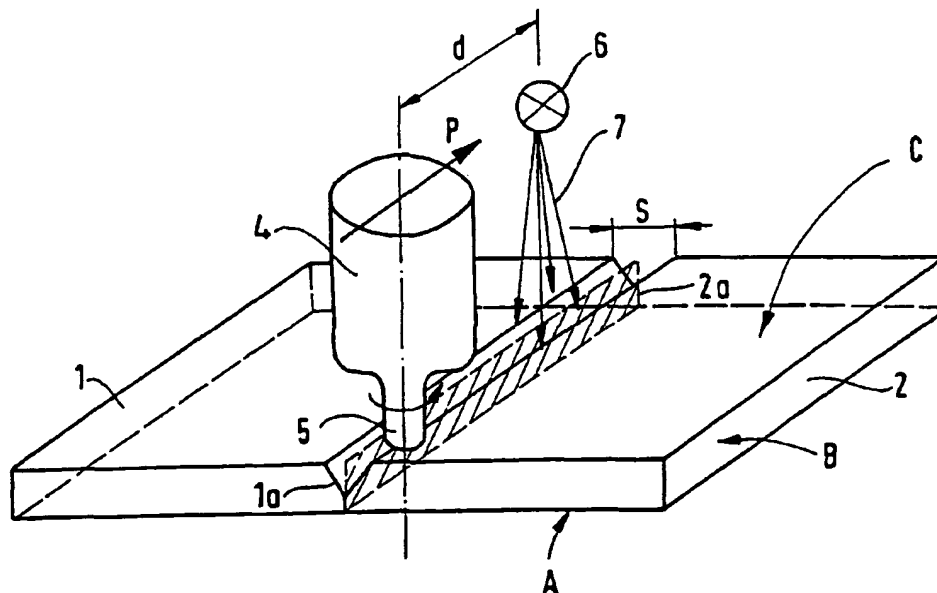
PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/07924 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: B23K 20/12, 20/24, 26/06, 33/00
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/08345
- (22) Internationales Anmeldedatum:
19. Juli 2001 (19.07.2001)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
100 36 170.6-45 25. Juli 2000 (25.07.2000) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): EADS DEUTSCHLAND GMBH [DE/DE]; 81663 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): PALM, Frank [DE/DE]; Spieljochstrasse 8, 81825 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): CA, CN, JP, RU, US.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- Veröffentlicht:
— mit internationalem Recherchenbericht
- Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: LASER SUPPORTED FRICTION STIR WELDING METHOD

(54) Bezeichnung: LASERUNTERSTÜTZTES REIBRÜHRSCHEISSVERFAHREN



(57) Abstract: The invention relates to a laser supported friction stir welding method. In order to develop said FSW method further, such that, in particular, thick workpieces can also be welded with a high joining quality, the sides of the workpieces (1, 2) to be joined are particularly matched. The side surfaces (1a, 2a), pressed against each other are thus formed such that the side surfaces (1a, 2a) touch in a base region (A), giving rise to a gap (S) between the side surfaces (1a, 2a) on the workpiece surface (C), facing in the direction of the tool (4) and the laser (6) and a cavity is provided in the mid-section (B).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/07924 A1



(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein laserunterstütztes Reibrührschweissverfahren. Um ein derartiges PSW-Verfahren weiter zu verbessern, so dass insbesondere auch dicke Werkstücke mit hoher Verbindungsqualität verschweisst werden können, sind die aneinanderzufügenden Seiten der Werkstücke (1, 2) speziell angepasst. Die aneinandergepressten Seitenflächen (1a, 2a) sind hierbei derart ausgebildet, dass sich die Seitenflächen (1a, 2a) im Wurzelbereich (A) berühren, so dass ein Spalt (s) zwischen den Seitenflächen (1a, 2a) auf der in Richtung Werkzeug (4) und Laser (6) weisenden Werkstückoberfläche (C) entsteht, und dass im Mittelbereich (B) ein Freiraum vorhanden ist.

Laserunterstütztes Reibrührschweißverfahren

Die vorliegende Erfindung betrifft ein laserunterstütztes Reibrührschweißverfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

5

Die Grundprinzipien des Reibrührschweißens (Friction-Stir-Welding, FSW) sind beispielsweise aus EP 0 615 480 bekannt. Zwei miteinander zu verbindende Werkstücke werden entlang eines Verbindungsbereiches in Kontakt gebracht und in dieser Position gehalten und befestigt. In den Verbindungsbereich und in das Werkstückmaterial zu
10 beiden Seiten des Verbindungsbereiches wird eine Sonde aus härterem Material als das Werkstück unter drehender Bewegung eingeführt. Dabei erzeugt die Sonde Reibungswärme. Die gegenüberliegenden Werkstückbereiche entlang der Verbindungslinie nehmen daraufhin einen plastifizierenden Zustand ein. Die Sonde wird entlang der Verbindungslinie vorwärts bewegt, so dass sich das vor der Sonde befindende Material
15 gegenüberliegender Werkstückbereiche plastifiziert und die plastifizierten Bereiche hinter der Sonde erhärten. Bevor das Material völlig erhärtet, wird die Sonde aus dem Verbindungsbereich entfernt. Materialien wie beispielsweise Metalle, deren Legierungen, Metall-Verbundmaterialien (sogenannte „MCC“) oder geeignete Plastikmaterialien werden auf diese Weise miteinander verschweißt.

20

Ein weiteres, verbessertes Reibrührschweißverfahren, bei dem eine geringere Anzahl von Fehlstellen und eine glatte Oberfläche des bearbeiteten Materials erreicht wird, ist beispielsweise aus EP 0 752 926 bekannt. Diese Druckschrift beschreibt eine modifizierte Sondenanordnung. Die in den Verbindungsbereich eingeführte, rotierende Sonde ist
25 bezüglich der Normalen geneigt, so dass die Sonde in Richtung Vorwärtsbewegung weist. Dadurch ist das im Verbindungsbereich erzeugte plastifizierte Material einem senkrechten Druck längs der Oberfläche der Werkstücke ausgesetzt. Dies hat einen verbesserten Materialfluss zur Folge und führt somit zu einer homogenen Schweißnaht. Auf diese Weise ist es möglich, Verbindungen herzustellen, die eine geringere Anzahl von Fehlstellen
30 und eine glatte Oberfläche aufweisen.

Ein weiteres Reibrührschweißverfahren ist beispielsweise aus WO 99/39861 bekannt. Darin ist ein Verfahren beschrieben, bei dem eine zusätzliche Wärmequelle verwendet wird. Die Wärmequelle dient zur Erwärmung des Bereiches, der unmittelbar vor der rotierenden Sonde liegt. Dadurch wird ein effektiveres Plastifizieren des Materials bewirkt, da nicht nur die Reibungswärme der sich drehenden Sonde ausgenutzt wird, sondern auch die zusätzliche Erwärmung der separaten Wärmequelle. Als zusätzliche Wärmequellen können beispielsweise Widerstandsheizungen, Induktionsspulen, Hochfrequenz-Induktionsspulen oder Laser verwendet werden.

Die Verwendung von Widerstandsheizungen ist von Nachteil, da relativ große elektrische Ströme zwischen Werkzeug und Werkstück fließen. Selbst ein guter Schutz kann eine Beeinträchtigung der Umgebung, insbesondere von Menschen, nicht ausschließen. Des weiteren sind elektrisch leitende Werkstoffe für Werkstück und Werkzeug Voraussetzung. Folglich ist eine wünschenswerte Ausbildung des FSW-Werkzeuges aus beschichteten, metallischen oder keramischen Werkstoffen nicht möglich.

Zudem ist bei den bekannten Verfahren von Nachteil, dass in Abhängigkeit der zu fügenden Al-Legierung eine oft nur begrenzte Prozessgeschwindigkeit zulässig ist. Dies ist insbesondere bei der Bearbeitung von dicken Werkstücken (typischerweise > 6mm) problematisch. Zusätzlich besteht bei dicken Werkstücken das Problem der asymmetrischen bzw. ungleichmäßigen Wärmeleitung innerhalb des Werkstückmaterials, so dass die bekannten Verfahren für die Bearbeitung derartiger Werkstücke ungeeignet sind.

Es ist somit die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Reibrührschweißen zu schaffen, das kurze Schweißzeiten und eine sehr gute Verbindungsqualität insbesondere bei dicken Werkstücken ermöglicht.

Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1. Weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Zentraler Gedanke ist hierbei, dass die Stossflächen der aneinanderzufügenden Werkstücke speziell ausgebildet sind, so dass die von einem Laser zusätzlich eingestrahlte Energie zur Erwärmung des zu plastifizierenden Materials effektiv ausgenutzt wird. Zu diesem Zweck sind die zu verbindenden Seiten der Werkstücke derart ausgebildet, dass

5 sich die Seitenflächen im aneinandergepressten Zustand im Wurzelbereich des Stossprofils berühren, dass ein Spalt zwischen den aneinandergepressten Seitenflächen auf der in Richtung Werkzeug und Laser weisenden Werkstückoberfläche vorhanden ist, und dass das Stossprofil im Mittelbereich einen Frei- bzw. Hohlraum aufweist. Auf diese Weise wird die unerwünschte Rückreflexion der Laserstrahlung an der

10 Werkstückoberfläche deutlich reduziert bzw. ganz vermieden. Ferner wird durch die angepassten Seitenflächen erreicht, dass die Laserenergie zentral in den Mittelbereich der Werkstücke eindringt und sich von dort aufgrund der Wärmeleitung gleichmäßig über den gesamten Querschnitt ausbreitet. Dies ermöglicht eine wesentlich effizientere Erwärmung des Werkstückmaterials und ist insbesondere bei der Bearbeitung von Proben vorteilhaft,

15 die dicker als 6mm sind.

Gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung sind die zu verbindenden Seitenflächen der Werkstücke derart abgeschrägt, dass sich die Werkstücke im Wurzelbereich des Stossprofils berühren und ein Spalt zwischen den Seitenflächen auf der

20 in Richtung Werkzeug und Laser weisenden Werkstückoberfläche, d.h. der dem Wurzelbereich gegenüberliegenden Werkstückoberfläche, vorhanden ist.

Gemäß einer zweiten Ausführungsform sind die zu verbindenden Seitenflächen der Werkstücke parabel- oder bogenförmig abgeschrägt und berühren sich im Wurzelbereich

25 des Stossprofils. Vom Wurzelbereich ausgehend sind die Seitenflächen durch die Abschrägung zueinander beabstandet, wobei der Abstand in Richtung Werkzeug und Laser weisenden Werkstückoberfläche zunimmt.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weisen die zu verbindenden Seitenflächen der

30 Werkstücke im Stossquerschnitt betrachtet ein halbkreisförmiges bzw. bogenförmiges Profil auf, so dass sich die Werkstücke im aneinandergepressten Zustand im Wurzelbereich berühren und ein Spalt zwischen den Seitenflächen auf der in Richtung

Laser weisenden Seite der Werkstückoberfläche vorhanden ist. Der Abstand zwischen den Seitenflächen nimmt hierbei ausgehend vom Wurzelbereich zunächst zu, und nimmt dann vom Maximum im Mittelbereich zur Werkstückoberfläche hin bis auf den Wert der Spaltbreite ab.

5

Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind die aneinanderzufügenden Seitenflächen der Werkstücke derart ausgebildet, dass das Stossprofil der Seitenflächen im aneinandergesetzten Zustand die Form einer sogenannten Strahlfalle („Ulbrichkugel“) aufweist.

10

Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird eine effektivere und gleichmäßigere Erwärmung der zu plastifizierenden Bereiche erreicht, wodurch schnellere Fügegeschwindigkeiten und eine bessere Verbindungsqualität erreicht wird. Aufgrund der höheren lokalen Werkstück- und Prozess Temperatur sinken einerseits wegen der besseren

15 Plastifizierung die Prozesskräfte und andererseits erhöht sich die Fügegeschwindigkeit. Dies ist insbesondere von Vorteil für das Fügen von dicken Querschnitten. Somit vergrößert sich das Einsatzgebiet für das FSW-Verfahren.

Ferner ist es von Vorteil, dass das erfindungsgemäße Verfahren mehr Fertigungssicherheit

20 bietet und zudem aufgrund der niedrigeren Prozesskräfte eine Entlastung für die FSW-Fertigungsmaschinen mit sich bringt. Somit können langfristig gesehen auch Kosten in der Fertigung eingespart werden.

Nachstehend wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand der beigefügten Zeichnungen

25 näher erläutert. Darin zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Anordnung zum laserunterstützten Reibrührschweißen;

30 Fig. 2 eine Seitenansicht der in Figur 1 dargestellten Anordnung;

- Fig. 3 eine erste Profilgeometrie der angepassten Seitenflächen im aneinandergesetzten Zustand;
- Fig. 4 ein zweites Stoßprofil der angepassten Seitenflächen im aneinandergesetzten Zustand;
- 5 Fig. 5 ein drittes Stoßprofil der angepassten Seitenflächen im aneinandergesetzten Zustand; und
- Fig. 6 ein viertes Stoßprofil der angepassten Seitenflächen im aneinandergesetzten Zustand.
- 10

Figur 1 zeigt schematisch eine Anordnung zum laserunterstützten Reibrührschweißen. Die miteinander zu verbindenden Werkstücke 1 und 2 werden entlang ihrer Seitenflächen 1a bzw. 2a aneinandergesetzt. Die aneinandergesetzten Werkstücke 1, 2 werden in diesem Zustand durch eine in Figur 1 nicht dargestellte Haltevorrichtung befestigt und gehalten. In den Verbindungsbereich 3 zwischen den aneinandergesetzten Seitenflächen 1a, 2a wird eine sich drehende Sonde 5 in das Werkstückmaterial eingeführt, so dass die Sonde 5 in das Werkstückmaterial zu beiden Seiten des Verbindungsbereiches 3 eindringt. Die Sonde 5 ist an einem Ende eines FSW-Werkzeuges 4 angebracht und besteht aus einem härteren Material als das Werkstück. Das FSW-Werkzeug 4 mit der Sonde 5 wird über einen in Fig. 1 nicht dargestellten Motor angetrieben.

15

20

Zusätzlich befindet sich in Vorschubrichtung gesehen (Pfeilrichtung P in Fig. 1) vor dem FSW-Werkzeug 4 eine Laserlichtquelle 6. Die Laserlichtquelle 6 hat einen vorgegebenen, fest definierten Abstand d zum Werkzeug 4. Der konstante Abstand d zwischen dem Werkzeug 4 und der Laserlichtquelle 6 wird beispielsweise durch eine in Figur 1 nicht dargestellte Führungs- bzw. Haltevorrichtung gewährleistet. Die Laserlichtquelle 6 emittiert kontinuierlich oder gepulst Laserstrahlung (7) in Richtung der zu fügenden Werkstücke 1, 2. Dies bewirkt eine Vorerwärmung der entlang des Verbindungsbereiches 3 zu fügenden Werkstücke.

25

30

Der Schweißvorgang verläuft so, dass das FSW-Werkzeug 4 unter drehender Bewegung der Sonde 5 entlang des Verbindungsbereiches 3 in Vorschubrichtung (Pfeilrichtung P in Fig. 1) bewegt wird. Aufgrund des festen Abstandes d zwischen Werkzeug 4 und Laserlichtquelle 6 wird der Laser 6 ebenso wie das Werkzeug 4 entlang des

5 Verbindungsbereiches 3 in Pfeilrichtung P bewegt. Durch die rotierende Sonde 5 wird das Werkstückmaterial zu beiden Seiten des Verbindungsbereiches 3 aufgrund der auftretenden Reibungsenergie pastifiziert. Gleichzeitig erwärmt die Laserstrahlung 7 im Vorlauf zum FSW-Werkzeug 4 das zu fügende Material entlang des Verbindungsbereiches 3. Somit wird neben der durch die Sonde 5 erzeugte Reibungswärme auch die Erwärmung

10 durch die Laserstrahlung 7 ausgenutzt. Reibungswärme und Vorwärme zusammen ergeben eine höhere lokale Werkstück- und Prozesstemperatur. Folglich sinken einerseits aufgrund der besseren Plastifizierung die Prozesskräfte und andererseits kann die Fügegeschwindigkeit heraufgesetzt werden bzw. das Fügen von dickeren Querschnitten (> 6mm) ist möglich.

15 Wie in Figur 2 gezeigt, ist das FSW-Werkzeug 4 senkrecht zur Werkstückoberfläche ausgerichtet. Eine schräge Positionierung von Werkzeug 4 und Sonde 5, wie in Fig. 2 durch die gestrichelte Linie dargestellt, ist auch möglich. Bei der schrägen Positionierung weist die Sonde 5 in Vorschubrichtung gesehen nach vorne; d.h. in Richtung Laser 6. Eine

20 derartige schräge Positionierung bewirkt einen besseren Fluss des plastifizierten Materials und ermöglicht somit eine optisch schönere und homogenere Verbindung der zu fügenden Werkstücke 1, 2.

Als Laserlichtquelle 6 wird beispielsweise ein CO₂-Laser, ein Neodym-YAG-Laser oder

25 verschiedene Halbleiterlaser- (Dioden) verwendet. Die verwendete Wellenlänge des Laserlichtes ist typischerweise $\leq 10,6 \mu\text{m}$. Das Laserlicht kann entweder gepulst oder kontinuierlich auf den zu erwärmenden Bereich entlang der Verbindungslinie 3 eingestrahlt werden. Je nach Anwendung ist der Strahl fokussiert oder defokussiert.

30 Um eine möglichst effektive Ausnutzung des eingestrahlt Laserlichtes zu bewirken (d.h. erhöhte Absorption durch Mehrfachreflexion), weisen die aneinandergespressten Seitenflächen 1a, 2a eine speziell Ausgestaltung auf. Eine erste Ausführungsform zeigt Fig.

3. Die Seitenflächen der Werkstücke 1 und 2 sind abgeschrägt. Die Seitenflächen 1a, 2a sind z.B. linear abgeschrägt, so dass sich das in Figur 3 dargestellte kegelförmige Stossprofil ergibt. Im aneinandergesetzten Zustand berühren sich die Seitenflächen 1a und 2a der Werkstücke im sogenannten Wurzelbereich des Stossprofils. Der

5 Wurzelbereich ist dabei der vom Werkzeug 4 und Laser 6 wegweisende Werkstückoberflächenbereich und ist in den Fig. 3 bis 6 mit A bezeichnet. Im Mittelbereich des Stossprofils, d.h. in der Querschnittsmitte der Werkstücke, die in Fig. 3 bis 6 mit B bezeichnet ist, berühren sich bei einem derartigen kegelförmigen Stossprofil die aneinandergesetzten Seitenflächen 1a und 2a nicht. Gleichzeitig gibt es einen Spalt s

10 zwischen den Seitenflächen 1a, 2a auf der in Richtung Werkzeug 4 und Laser 6 weisenden Werkstückoberfläche, die in Fig. 3 bis 6 mit C bezeichnet ist. Somit sind die Seitenflächen ausgehend vom Wurzelbereich derart voneinander beabstandet, dass der Abstand a zwischen den Seitenflächen 1a, 2a bis zur der in Richtung Werkzeug 4 und Laser 6 weisenden Werkstückoberfläche kontinuierlich zu nimmt. Die vom Laser 6 emittierte

15 Laserstrahlung 7 dringt durch den Spalt s in den Mittelbereich B des Stossprofils ein, so dass die zusätzliche Wärme direkt im Stoß durch Absorption generiert und weitergeleitet wird.

Eine weitere Ausgestaltung der angepassten Seitenflächen 1a, 2a ist in Fig. 4 zu sehen.

20 Das in Figur 4 dargestellte Stossprofil weist eine halbkreisförmige bzw. symmetrische, in Richtung Werkzeug 4 und Laser 5 offene Bogenform auf. Die Seitenflächen 1a, 2a sind hierzu jeweils parabel- bzw. bogenförmig abgeschrägt, so dass sich die Werkstücke im aneinandergesetzten Zustand im Wurzelbereich A berühren. Im Mittelbereich B ist wiederum ein Frei- bzw. Hohlraum vorhanden. In diesem Bereich berühren sich die

25 Seitenflächen der aneinandergesetzten Werkstücke 1, 2 nicht. Ebenso wie bei der in Fig. 3 dargestellten Ausgestaltung besteht auf der in Richtung Werkzeug 4 und Laser 6 weisenden Werkstückoberfläche ein Spalt s zwischen den aneinandergesetzten Seitenflächen 1a, 2a, so dass die Laserstrahlung in den Mittelbereich B vordringt. Wie zuvor nimmt der Abstand a zwischen den Seitenflächen 1a, 2a kontinuierlich vom

30 Wurzelbereich A bis zum Erreichen der Spaltbreite s zu.

- Figur 5 zeigt ein weiteres Stossprofil der angepassten Seitenflächen 1a, 2a. Hier sind die Seitenflächen 1a, 2a halbkreisförmig bzw. in einer zur jeweils anderen Seitenfläche weisenden offenen Bogenform ausgebildet. Die Seitenflächen 1a, 2a berühren sich auch hier im Wurzelbereich A. Durch die halbkreis- bzw. bogenförmige Ausgestaltung der
- 5 Seitenflächen 1a, 2a besteht, ausgehend vom Wurzelbereich A, ein zunächst kontinuierlich anwachsender Abstand a zwischen den gegenüberliegenden Seitenflächen 1a, 2a, der nach Erreichen seines Maximums im Mittelbereich B kontinuierlich bis zum Erreichen der Spaltbreite s an der Werkstückoberfläche C abnimmt.
- 10 Bei der Ausgestaltung gemäß Figur 6 sind die aneinanderzufügenden Seitenflächen 1a, 2a derart ausgebildet, dass das Stossprofil die Form einer Ulbrichkugel aufweist. Eine derartige Ausgestaltung hat den Vorteil, dass die Reflexion an der in Richtung Werkzeug und Laser weisenden Oberflächenseite völlig reduziert ist. Die Laserstrahlung wird sozusagen in der Ulbrichkugel „eingefangen“. Der in den Mittelbereich B eingestrahlte
- 15 Laserstrahl wird mehrfach reflektiert, so dass die Laserenergie optimal zur Erwärmung des zu plastifizierenden Materials ausgenutzt wird.
- Neben den in Fig. 3 bis 6 dargestellten Stossprofilen sind auch andere Ausgestaltungen der angepassten Seitenflächen möglich. Allen Ausführungsformen ist gemeinsam, dass
- 20 sich die aneinandergesetzten Seitenflächen im Wurzelbereich berühren, nicht jedoch im Mittel- und Oberbereich, so dass die Seitenflächen im Mittel- und Oberbereich zueinander beabstandet sind. Die Seitenflächen 1a, 2a sind im aneinandergesetzten Zustand auf der in Richtung Werkzeug 4 und Laser 6 weisenden Oberfläche C zueinander beabstandet, so dass ein Spalt s vorhanden ist. Durch diesen Spalt s dringt die Laserstrahlung 7 in den
- 25 Mittelbereich B der Werkstücke ein. Dadurch gelangt die Energie des Laserlichtes zentral in die Mitte der Werkstücke 1, 2 und breitet sich dann gleichmäßig über den gesamten Querschnitt der Werkstücke 1, 2 aus. Dies ist insbesondere bei dickeren Proben von Vorteil, da auf diese Weise eine gleichmäßigere Wärmeverteilung über die gesamte Probendicke erfolgt. Dadurch ist eine zuverlässige Bearbeitung auch bei dickeren Proben
- 30 gewährleistet.

- Ferner wird durch die spezielle Ausbildung der Seitenflächen 1a, 2a bewirkt, dass die Laserstrahlung 7 im Mittelbereich B mehrfach reflektiert wird, wodurch Reflexionsverluste an der in Richtung Laser weisenden Werkstückoberfläche reduziert sind. Folglich ist die Erwärmung aufgrund der geringeren Verluste effektiver. Dies ist insbesondere von Vorteil
- 5 bei der Bearbeitung von dicken Werkstücken. Ferner ist aufgrund der Kombination Reibungswärme und Vorwärme eine schnellere Bearbeitung möglich, wodurch die Herstellungs- bzw. Bearbeitungszeiten reduziert werden. Dies wiederum hat einen positiven Einfluss auf die Plastifizierung, so dass eine homogene Verbindung erreicht wird.

Patentansprüche

1. Laserunterstütztes Reibrührschweißverfahren zum Verbinden von Werkstücken (1, 2),
5 umfassend die Schritte:
- Aneinanderpressen zu verbindender Seitenflächen (1a, 2a) der Werkstücke (1, 2),
wodurch sich ein Verbindungsbereich (3) ergibt;
 - Fortbewegen einer Schweißsonde (5) unter drehender Bewegung entlang des
Verbindungsbereiches (3) und Bestrahlen des vor der Schweißsonde (5) liegenden
10 Werkstückmaterials mit Laserstrahlung (7), so dass aufgrund von Laserenergie und
Reibungsenergie zwischen Schweißsonde (5) und Werkstück (1, 2) das
Werkstückmaterial entlang des Verbindungsbereiches (3) plastifiziert wird und sich
hinter der Schweißsonde (5) verfestigt; und
 - Entfernen der Schweißsonde (5) aus dem Verbindungsbereich (3) vor dem
15 vollständigen Erstarren des Werkstückmaterials,
- dadurch gekennzeichnet, dass**
die Seitenflächen (1a, 2a) derart ausgebildet sind, dass sie sich im
aneinandergepressten Zustand auf der von der Schweißsonde (5) wegweisenden
Werkstückoberfläche (A) berühren, dass sie im Mittelbereich (B) bis zur
20 Werkstückoberfläche (C) zueinander beabstandet sind, so dass zwischen den
Seitenflächen (1a, 2a) auf der in Richtung Schweißsonde (5) weisenden
Werkstückoberfläche (C) ein Spalt (s) besteht.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**
25 die Seitenflächen (1a, 2a) linear abgeschrägt sind.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**
die Seitenflächen (1a, 2a) parabel- oder bogenförmig abgeschrägt sind.
- 30 4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**
die Seitenflächen (1a, 2a) derart ausgebildet sind, dass das durch die
aneinandergepressten Seitenflächen entstehende Stossprofil kreis- oder ellipsenförmig

ist, wobei ein Spalt (s) zwischen den Seitenflächen auf der in Richtung Sonde (5) weisenden Werkstückoberfläche (C) besteht.

5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**
5 die Seitenflächen (1a, 2a) derart ausgebildet sind, dass das durch die aneinandergesetzten Seitenflächen (1a, 2a) entstehende Stossprofil die Form einer Strahlfalle aufweist.
6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**
10 die Laserstrahlung (7) von einem CO₂ -, Neodym-YAG-, Halbleiterlaser oder von einer Laserdiode emittiert wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**
15 die Wellenlänge der Laserstrahlung (7) kleiner gleich 10,6µm ist.
8. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**
15 die Laserstrahlung (7) kreis-, ellipsen-, linienförmig oder auf andere Weise fokussiert ist, oder defokussiert ist.
- 20 9. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**
20 die Laserstrahlung (7) gepulst oder kontinuierlich emittiert wird.

1/2

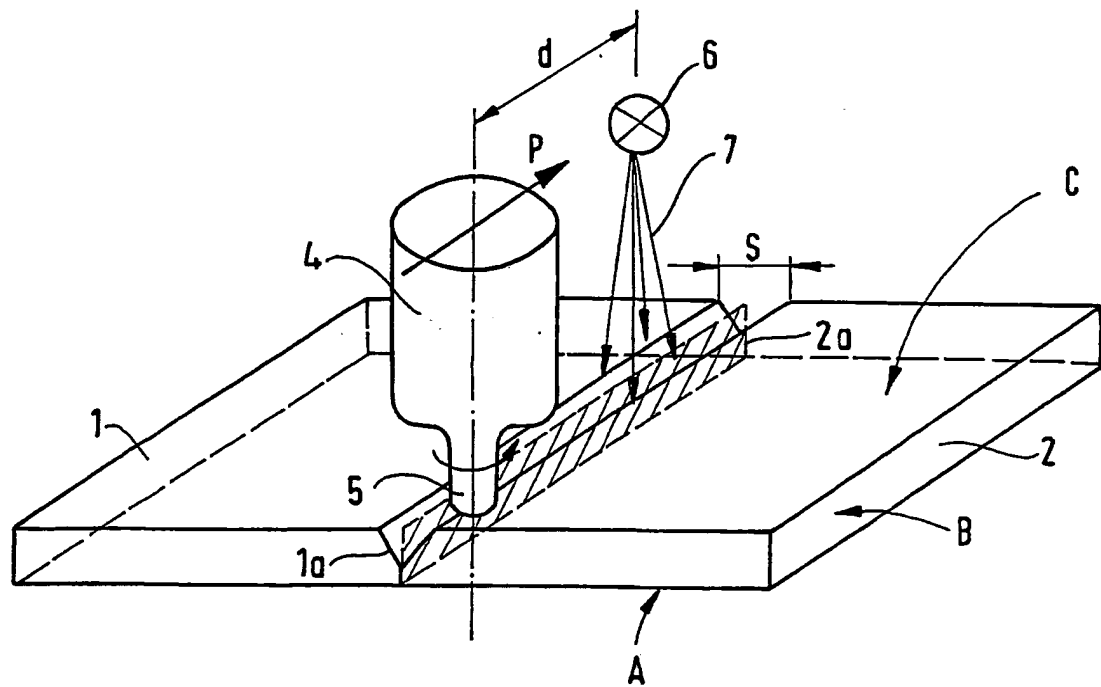
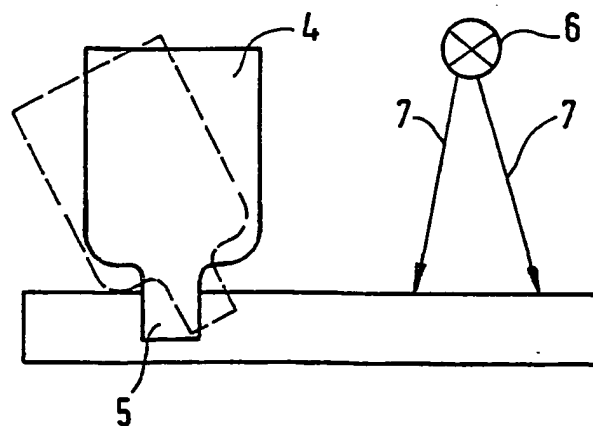


FIG. 1

FIG. 2



2/2

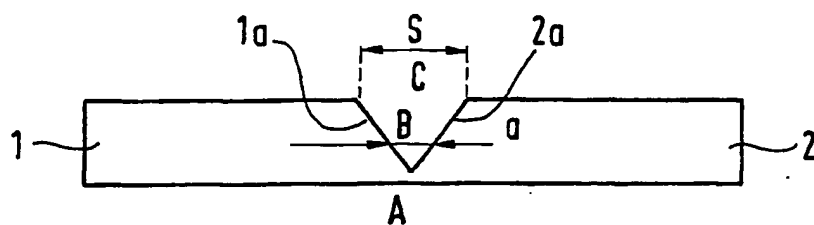


FIG. 3

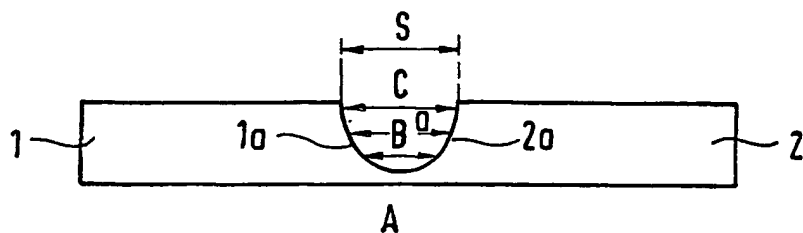


FIG. 4

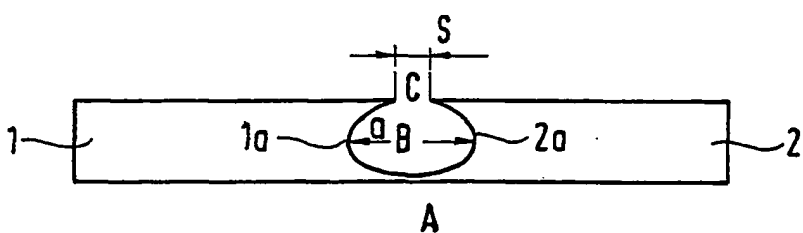


FIG. 5

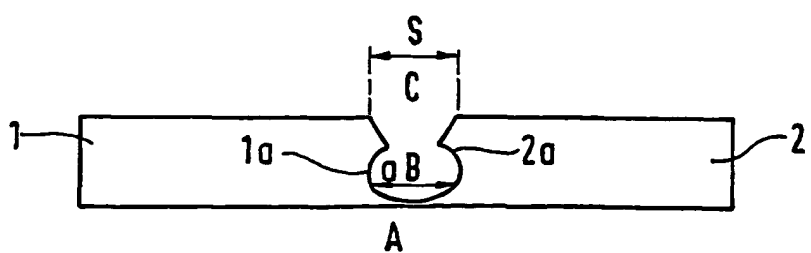


FIG. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat. Application No.
PCT, NL 01/08345

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B23K20/12 B23K20/24 B23K26/06 B23K33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 928 659 A (ESAB AB) 14 July 1999 (1999-07-14) the whole document	1-9
A	WO 99 39861 A (MIDLING OLE TERJE ;GRONG OEYSTEIN (NO); KLUKEN ARNT OVE (NO); NORS) 12 August 1999 (1999-08-12) cited in the application page 5, line 25 - line 30	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 October 2001

Date of mailing of the international search report

25/10/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Haegeman, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

nation on patent family members

Intern: Application No

PCT, L, 01/08345

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 0928659	A	14-07-1999	EP	0928659 A1	14-07-1999
			AU	1795799 A	12-07-1999
			WO	9932254 A1	01-07-1999
WO 9939861	A	12-08-1999	AU	2442999 A	23-08-1999
			WO	9939861 A1	12-08-1999

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern es Aktenzeichen

PCT, L. 01/08345

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 B23K20/12 B23K20/24 B23K26/06 B23K33/00

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B23K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruch Nr.
A	EP 0 928 659 A (ESAB AB) 14. Juli 1999 (1999-07-14) das ganze Dokument	1-9
A	WO 99 39861 A (MIDLING OLE TERJE ;GRONG OEYSTEIN (NO); KLUKEN ARNT OVE (NO); NORS) 12. August 1999 (1999-08-12) in der Anmeldung erwähnt Seite 5, Zeile 25 - Zeile 30	1-9

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Aussteuung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. Oktober 2001

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

25/10/2001

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Beauftragter

Haegeman, M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung: : zur selben Patentfamilie gehören

Internationale : Aktenzeichen

PCT, L. 01/08345

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0928659	A	14-07-1999	EP	0928659 A1	14-07-1999
			AU	1795799 A	12-07-1999
			WO	9932254 A1	01-07-1999
WO 9939861	A	12-08-1999	AU	2442999 A	23-08-1999
			WO	9939861 A1	12-08-1999